

una aproximación a la *Ingeniería Forense*

Ing. Aníbal Oscar García
agarcia@perarg.com.ar - www.perarg.com.ar



Como todas las especialidades universitarias, la Ingeniería adquiere una especificidad en su aplicación al ámbito forense. Especificidad que la hace contribuyente de aportes únicos e irrepetibles en la investigación de hechos criminales de diversa naturaleza, y a su vez, permite la interrelación transdisciplinaria con las demás profesiones que desarrollan actividades periciales en auxilio de los magistrados, funcionarios judiciales, letrados y la sociedad en general.

La ingeniería entendida como disciplina de las Ciencias Técnicas - las que unen el conocimiento científico general y abstracto con el saber tecnológico-, resulta de aplicación en la investigación de casos litigiosos derivados de fallas de máquinas y estructuras, de sistemas de transmisión, de protección, de señalización e información, y en general con los elementos técnicos que intervienen en el desarrollo y la organización de la producción, el tránsito de personas y mercancías.

El Extraño Mundo de la *Ingeniería Forense*

En nuestro medio el calificativo *forense* es admitido para casi todas las disciplinas universitarias. Se acepta normalmente a disciplinas masivas como la medicina forense; la física, la química y la bioquímica tienen su aplicación forense. Incluso profesiones de escasa población como la entomología o la antropología son admitidas con el adjetivo forense. Sin embargo *ingeniería forense* como una práctica profesional parece ser un imposible.

En todo el mundo la *ingeniería forense* es considerada un integrante calificado de las *Ciencias Forenses*⁽¹⁾ ⁽²⁾. Estas a su vez son concebidas como formas específicas de las profesiones relacionadas con las ciencias y la tecnología, especializadas en el estudio de los aspectos fácticos que se encuentran en el origen de litigios, conflictos y situaciones controversiales, con la finalidad de determinar el grado de probabilidad de ocurrencia de los hechos, y la relación de las personas -físicas y jurídicas- con los hechos y con las cosas productoras de los mismos.

Las ciencias forenses tienen carácter *de finalidad*, razón de ser de la ingeniería. Toda encomienda forense tiene una finalidad predeterminada; establecer como ocurrió y por qué ocurrió un determinado hecho, y eventualmente que hacer para evitar su repetición. Esta singularidad justifica la centralidad de la ingeniería en el ámbito de las ciencias forenses: bien podría decirse que todo científico, actuando en el ámbito forense, es en los hechos un ingeniero, a quien se le encarga identificar nexos específicos entre causa y efecto.

Para reafirmar este concepto un breve paneo sobre los fines de la ingeniería forense, nos muestra, en una clasificación elemental:

- El esclarecimiento de los hechos y/o de la naturaleza de la controversia. La identificación los protagonistas (personas físicas y jurídicas) y su relación con el sufrimiento y la producción del daño material.
- La valoración del daño material producido
- El riesgo, definido técnicamente como la mensura de la producción probable de daño a futuro (la *siniestralidad*)
- La identificación de acciones correctivas para prevenir o amortiguar el daño futuro probable (*atenuación del riesgo*) y su eventual valoración

En este marco la ingeniería pierde progresivamente su especificidad (civil, mecánica, eléctrica, electrónica) tendiendo a convertirse en un todo *interdisciplinario* (unificación de las especialidades), con trascendencia *transdisciplinaria* a las ramas de la biología, la sociología y la economía, las técnicas arqueológicas, etc.

La *ingeniería forense* puede ser concebida entonces, como el campo de interacción de las ciencias básicas (matemáticas, física, química y biología), con los conocimientos tecnológicos implícitos en las máquinas y las instalaciones productoras de situaciones de daño real o potencial.

LA INGENIERIA Y LOS NUEVOS PARADIGMAS DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

Históricamente se pudo concebir a la ingeniería como *física integrada con tecnología*; reducida a la aplicación de los conceptos científicos generales (y por ende abstractos) dentro de los límites de un universo acotado, en el que se requieren soluciones a determinados problemas. En estos reducidos ámbitos, la tecnología limita los campos de aplicación y de validez de los conceptos generales (las leyes básicas) de las ciencias.

La ingeniería, como actividad humana, está presente en el diseño, construcción y prueba, mantenimiento y conservación de estructuras, máquinas fijas y móviles, instalaciones y sistemas. Todas ellas son potenciales generadoras de riesgos. En el proceso de diseño, construcción, operación y mantenimiento se genera conocimiento, *saber técnico*. Ese saber técnico es de vital importancia en el análisis de la producción de daños y riesgos. De esta descripción surge la importancia de la aplicación de la ingeniería al ámbito forense

Sin embargo en nuestros días, donde la biología ocupa el espacio central del desarrollo científico y determina la dinámica del mismo, la ingeniería ya no descansa en un reducido juego de ecuaciones confiables (las *leyes generales*), sino que debe abarcar y contemplar todas las complejidades existentes entre las formas de vida y de la evolución. En ese camino la ingeniería va dejando de ser solamente ciencia aplicada, desarrollando sus propias alas teóricas, cuyo desarrollo lleva el saber técnico más allá de los límites de la experiencia común⁽³⁾.

La Ingeniería forense se desenvuelve y progresa en el contexto estas nuevas situaciones. Como disciplina de integración con capacidad de crear su propio bagaje conceptual, se transforma en el campo de los conflictos, en una ciencia en sí misma, individual, integradora y por sobre todo, *transdisciplinaria*. Lo limitado del presente ensayo impide extendernos sobre este particular.



CAPITULOS DE LA INGENIERÍA APLICABLES EN LA INVESTIGACIÓN FORENSE

Podría afirmarse sin cometer serios errores, que no existe materia de la física y de la ingeniería que no pueda ser empleada en el esclarecimiento algún caso judicial. Sin embargo, asumiendo la recurrencia en los antecedentes, pueden listarse los siguiente capítulos principales.

- La *Geometría* en sus ramas: *descriptiva* (las leyes de la representación), y *analítica*, como representación gráfica de las funciones matemáticas.

- La *Mecánica Teórica*, como asociación de la *Cinemática* (leyes del movimiento) y La *Dinámica* que gobierna las relaciones entre los cuerpos en movimiento a partir de los conceptos abstractos de masa, fuerza, impulso y aceleración, aplicadas al estudio del movimiento de los cuerpos *simples* y *complejos*, constituidos por distintos aglomerados rígidos articulados entre sí.

- La *Mecánica del Sólido*, que estudia a nivel teórico el comportamiento de los cuerpos sólidos y parcialmente rígidos, sometidos a fuerzas y presiones

- La *Ciencia de Materiales*, en una doble acepción; por un lado las características de respuesta en estado de *fuerza-deformación* (elástica, plástica, viscosa o frágil), y los límites y modos de falla y de ruptura, etc. Y en combinación con la *fisicoquímica*, la variación de esas características en interacción con el medio, por efecto de la temperatura y de la acción agresiva de los agentes atmosféricos (abrasión, erosión, corrosión).

- El *Análisis de Fallas* y derivado de él la *Estimación de Vida Útil residual*, usadas ampliamente en la identificación del origen de fallos en componentes de máquinas y estructuras, y de la determinación del grado de confiabilidad en servicio a tiempo futuro de esos elementos.

- La *Informática* como desarrollo combinado de la ingeniería electrónica y las técnicas de cálculo y de manejo de la información

Dentro de este somero resumen, y como producto de la evolución combinada de las disciplinas mencionadas anteriormente, resaltan dos aplicaciones de reciente desarrollo y de alto impacto: la *biomecánica* y la *simulación numérica*.

La *Biomecánica*, en una de sus aplicaciones, aplica la ciencia de los materiales y la mecánica teórica al movimiento y respuesta del cuerpo humano, concebido como sólido complejo de composición diversa. Así puede considerarse la *biomecánica del trauma de velocidad o de impacto*, disciplina en la que se articulan el cálculo y/o medición de fuerzas, aceleraciones, tensiones y deformaciones, y el movimiento kinésico del cuerpo humano (biocinemática y biodinámica).

Por otra parte las diversas estructuras que componen la complejidad del cuerpo humano (relación cráneo-cerebro, las articulaciones cuello - columna, hombro, codo y muñeca - mano, la capacidad restringida de deformación de la cadera y el complejo estructural rodilla -pierna - pie - tobillo) están regidas por relaciones específicas de *resistencia* y *tolerancia* como *características límite* al esfuerzo. En este campo intervienen a pleno los conceptos básicos de las ciencias de los materiales (por ejemplo la Mecánica de la Fractura aplicada a impactos en los huesos largos) tanto en sus enfoques teóricos como experimentales, mediados por factores biológicos, cronológicos (la edad de las personas) y socio culturales (pautas de educación y de vida sedentaria por ejemplo)

El otro capítulo a mencionar es la *simulación numérica* (también conocida como *mecánica computacional*), que emplea los recursos de la computación para representar fenómenos complejos, desagregados en funciones y algoritmos de relativa simplicidad, interrelacionados. Estos recursos matemáticos e informáticos, asociados a programas de animación, permiten estudiar respuestas difíciles de simular, como el movimiento del cuerpo humano dentro de vehículos desacelerando o sujetos a atropellamientos, o la reconstrucción virtual de explosiones⁽⁴⁾, por falla de sistemas o por acciones terroristas.



Por último, este breve racconto debe mencionar el aporte más trascendente de la Física a la aplicación forense de la ingeniería: las *técnicas de la investigación*. Una investigación adquiere carácter científico, rigurosidad y confiabilidad, más que por los recursos empleados, por la *sistemática aplicación* de los procesos de observación, medición, formulación de hipótesis, contrastación y cálculo, verificación de certezas y determinación de errores, por la obsesiva búsqueda de elementos de consistencia y redundancia en la evidencia y su evaluación. Lo que suele resumirse como *el método científico*.

En este punto la Física y la Ingeniería se “reencuentran”, adquieren identidad y contribuyen a dar a la investigación forense rasgos de sistematicidad y de rigurosidad propias de las ciencias duras, de las que no resulta dotada la formación en Derecho. Resultará una tarea impropia y poco feliz intentar establecer un límite preciso entre ambas en su aplicación forense, y si existiera ese límite, el mismo se hallará en las diferencias de *finalidad* entre ambas disciplinas.

En forma sumaria, y a los efectos de ilustrar en forma sistemática las aplicaciones posibles de la ingeniería forense, sin ser excluyente puede citarse:

En el ámbito del DERECHO PENAL

- Homicidios y lesiones (casos criminales). Hechos de tránsito con lesiones o muerte de personas
- Acciones terroristas; explosiones en general.
- Problemáticas sociales y colectivas en general, como las agresiones al medio ambiente y su derivación a problemáticas individuales (intoxicaciones, enfermedades, malformaciones, etc.)
- Estafas y defraudaciones (identificación de vicios, casos no criminales)

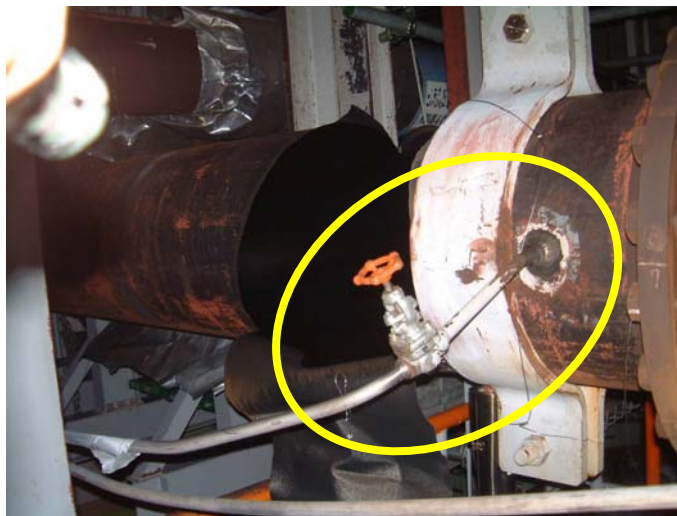
En el ámbito del DERECHO CIVIL y COMERCIAL

- Acciones civiles por reparación de Daño Material. Hechos de tránsito sin daños a personas
- Valuaciones y Tasaciones
- Cumplimiento de contratos (aspectos no tangibles). La determinación del *justo precio* vs. calidad del producto y del servicio. Aplicaciones modernas en el Derecho del Consumidor y del Usuario

En el ámbito del DERECHO DEL TRABAJO

- Accidentes del Trabajo.
- Enfermedades profesionales

Muchos son los ejemplos de investigaciones paradigmáticas de siniestros de gran repercusión. En nuestro país existen antecedentes de aplicaciones y desarrollos de reconocimiento mundial, entre los que se destacan las investigaciones de homicidios por estudios acústicos⁽⁵⁾ y el desarrollo de la interpretación de las imágenes radiográficas aplicadas a patologías de estructuras de hormigón armado ⁽⁶⁾



CONCLUSIONES

La Ingeniería como parte integrante de las ciencias forenses, tiene una aplicación creciente en la investigación judicial en general, y criminal en particular. Ningún delito o litigio puede ser esclarecido, ni sus protagonistas individualizados y caracterizados, sin el concurso de una o más ciencias forenses, lo que demanda de la acción concurrente y transdisciplinaria de la ciencia y la tecnología.

Es un hecho comprobado y aceptado en la comunidad científica, que el diálogo creativo entre las distintas ramas de la ciencias y la tecnología, demanda a cada uno de los participantes una plataforma científica sólida. De tal manera, la concurrencia de la física y de la ingeniería en los procesos de investigación criminal permiten la interacción proactiva con otras disciplinas universitarias como la medicina, la bioquímica y sus ramas derivadas al estudio genético, la toxicología y otras de igual importancia. Todas por separado, y en conjunto, contribuyen a generar espacios de respaldo para el Juzgador, sobre todo cuando se enfrenta ante situaciones de alta complejidad, ya sea por la tecnología empleada en la comisión de delitos, ya sea por la necesidad de analizar e interpretar rastros e indicios difusos, que “hablan” del crimen sólo a través de *intérpretes especializados*: los científicos forenses.

En el desarrollo en el ámbito forense, la ingeniería puede adquirir estatura de *ciencia* en tanto actividad de investigación de verdades desconocidas, potenciando el saber tecnológico, la experiencia y especialización profesional del ingeniero forense, e interactuando con otras disciplinas científico-técnicas para alcanzar planos de reconocimiento científico y social superlativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

⁽¹⁾ *Kenneth L. Carper – FORENSIC ENGINEERING* - CRCPress, 2nd edition, 432 págs. ISBN 0-8493-7484-7

⁽²⁾ *Randall K. Noon – FORENSIC ENGINEERING INVESTIGATION* - CRCPress, 1st. edition, 488 págs. ISBN 0-8493-0911-5

⁽³⁾ *Rosalind Williams – EDUCACIÓN PARA LA PROFESIÓN ANTERIORMENTE DENOMINADA INGENIERIA*. Revista LA INGENIERIA N° 1088, Buenos Aires, 2004.

⁽⁴⁾ *Rainald Löhner, Joseph D. Baum y Gustavo C. Buscaglia – ANÁLISIS FORENSE DE EXPLOSIONES A TRAVES DE EXPERIMENTOS VIRTUALES*. Anales del II Seminario regional de Física Forense, Bariloche, Noviembre de 2001.

⁽⁵⁾ *Rodolfo G. Pregliasco y Ernesto N. Martínez – ESTUDIO ACUSTICO DE UN HOMICIDIO*. Revista *Ciencia Hoy*, Junio-Julio 2001. (*GUNSHOT LOCATION TROUGH RECORDED SOUND: A PRELIMINARY REPORT*, *Journal of FORENSIC SCIENCES* Vol 47, Nr 6, November 2002).

⁽⁶⁾ *Mario A. J. Mariscotti – APLICACION GAMMAMETRICA AL ESTUDIO DE UNA CANALIZACION SUBTERRANEA*. Informe Técnico THASA, Buenos Aires, 1992.